

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-292788

(43)Date of publication of application : 05.11.1996

(51)Int.Cl.

G10L 3/00
G10L 9/08
G10L 9/08
// H03H 17/02

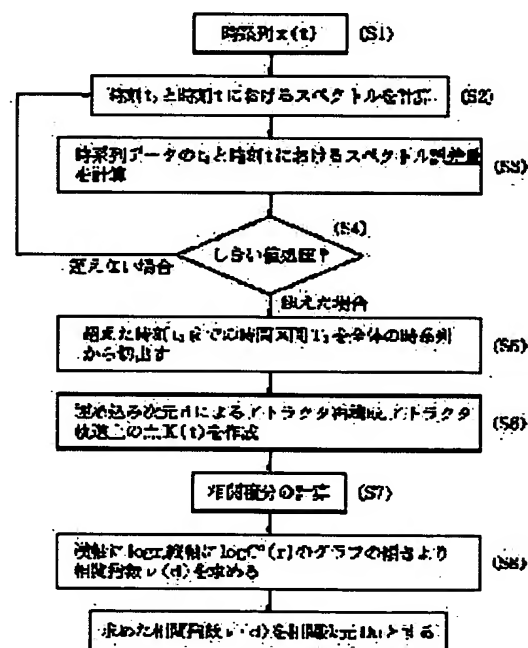
(21)Application number : 07-098573

(22)Date of filing : 24.04.1995

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(72)Inventor : MIZUTANI SHIN
MURAMATSU JUN
SANO TAKUYA
HIRAIWA AKIRA
SONEHARA NOBORU
HORIGUCHI MASATOSHI**(54) METHOD AND DEVICE FOR CORRELATIVE DIMENSION ANALYSIS, AND METHOD AND DEVICE FOR LIAPUNOV SPECTRUM ANALYSIS, FOR QUASI-STATIONARY TIME SERIES USING ADAPTIVE SEGMENTATION**

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a correlative dimension and a Liapunov spectrum even from quasi-stationary time series data consisting of a combination of stationary time sections.**CONSTITUTION:** A spectrum $P_{t0}(f)$ at a time t_0 and a spectrum $p_t(f)$ at a time t for time series data $x(t)$ (S1) are calculated (S2), and spectrum error quantity is used as a measure for the difference of them (S3).When the spectrum error quantity over a threshold value is detected (S4), segmentation is performed adaptively assuming a time until then as t_1 and a stationary time section as T_1 (S5). After that, an attractor is reconfigured by an embedding method for the time section T_1 (S6), and hereinafter, the correlative dimension of the time section is found similarly as in a conventional method. The correlative dimension is found from the quasi-stationary time series data consisting of the combination of the stationary time sections.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-292788

(43) 公開日 平成8年(1996)11月5日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 0 L 3/00 9/08	5 1 5		G 1 0 L 3/00 9/08	5 1 5 C A
	3 0 1			3 0 1 A
// H 0 3 H 17/02		8842-5 J	H 0 3 H 17/02	B

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-98573

(22) 出願日 平成7年(1995)4月24日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 水谷 伸

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 村松 純

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 佐野 ▲琢▼哉

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小林 将高

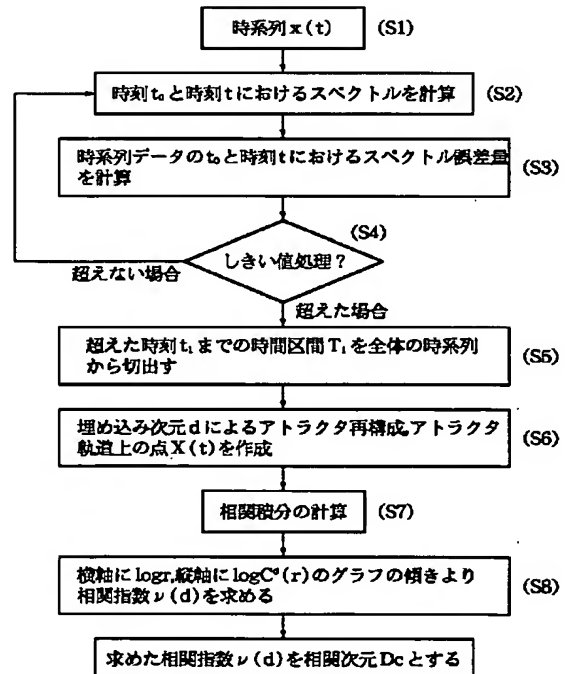
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元分析方法および装置並びにリアブ
ノフスペクトル分析方法および装置

(57) 【要約】

【目的】 定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからでも相関次元、リアブノフスペクトルを求めることができるようにする。

【構成】 時系列データ $x(t)$ に対して (S1)、時刻 t_0 におけるスペクトルを $P_{t_0}(f)$ 、時刻 t におけるスペクトルを $P_t(f)$ を計算し (S2)、両者の相違の測度としてスペクトル誤差量を用いる (S3)。しきい値以上のスペクトル誤差量が検出されたとき (S4)、それまでの時刻を t_i として定常な時間区間 T_i として適応的にセグメンテーションする (S5)。その後、その時間区間 T_i に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し (S6)、以後は従来と同様にしてその時間区間の相関次元を求める。この操作を繰り返して定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データから相関次元を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データから相関次元を求める分析方法であって、時系列データの最初の時刻とのスペクトル誤差量に基づいて、あるしきい値以上のスペクトル誤差量が次の時刻の時系列データから検出されたとき、それまでの時刻を定常な時間区間として適応的にセグメンテーションし、その時間区間に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し、相関次元を求め、上記のセグメンテーション操作を繰り返し行い、各時間区間での相関次元を求めることを特徴とする適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元分析方法。

【請求項2】 定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データから相関次元を計算する方法であって、時系列データの最初の時刻の自己相関関数との相違量に基づいて、あるしきい値以上の相違量が次の時刻の時系列データから検出されたとき、それまでの時刻を定常な時間区間として適応的にセグメンテーションし、その時間区間に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し、相関次元を求め、上記のセグメンテーション操作を繰り返し行い、各時間区間での相関次元を求めることを特徴とする適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元分析方法。

【請求項3】 定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからリアプノフスペクトルを求める分析方法であって、時系列データの最初の時刻とのスペクトル誤差量に基づいて、あるしきい値以上のスペクトル誤差量が次の時刻の時系列データから検出されたとき、それまでの時刻を定常な時間区間として適応的にセグメンテーションし、その時間区間に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し、リアプノフスペクトルを求め、上記のセグメンテーション操作を繰り返し行い、各時間区間でのリアプノフスペクトルを求めることを特徴とする適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列のリアプノフスペクトル分析方法。

【請求項4】 定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからリアプノフスペクトルを求める分析方法であって、時系列データの最初の時刻の自己相関関数との相違量に基づいて、あるしきい値以上の相違量が次の時刻の時系列データから検出されたとき、それまでの時刻を定常な時間区間として適応的にセグメンテーションし、その時間区間に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し、リアプノフスペクトルを求め、上記のセグメンテーション操作を繰り返し行い、各時間区間でのリアプノフスペクトルを求めることを特徴とする適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列データからのリアプノフスペクトル分析方法。

【請求項5】 時系列データを測定する時系列測定回路と、この時系列測定回路の出力信号をA/D変換するA/D変換回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t にお

けるスペクトルを求めるスペクトル計算回路と、前記時系列データの時刻 t_0 でのスペクトル分布を求めるスペクトル分布記憶回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトル誤差量を求めるスペクトル誤差量計算回路と、その誤差量が設定したしきい値を超えるか否かを判定するしきい値回路と、このしきい値回路の判定がしきい値を越えた場合は、超えた時刻 t_1 までの時間区間 T_1 を全体の時系列から切出す時系列分割処理回路と、その時間区間 T_1 に対してアトラクタを再構成する埋め込み操作回路と、相関次元を計算し、上記のセグメンテーション操作を時刻 t_1 から繰り返し行い、各時間区間での相関次元を求め、定常な時間区間を組み合わせる相関次元計算回路とを備えたことを特徴とする適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元の分析装置。

【請求項6】 時系列データを測定する時系列測定回路と、この時系列測定回路の出力信号をA/D変換するA/D変換回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t における自己相関関数を求める自己相関関数計算回路と、前記時系列データの時刻 t_0 での自己相関関数分布を求める自己相関関数分布記憶回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t における自己相関関数に基づく相違量を求める相違量計算回路と、その誤差量が設定したしきい値を超えるか否かを判定するしきい値回路と、このしきい値回路の判定がしきい値を越えた場合は、超えた時刻 t_1 までの時間区間 T_1 を全体の時系列から切出す時系列分割処理回路と、その時間区間 T_1 に対してアトラクタを再構成する埋め込み操作回路と、相関次元を計算し、上記のセグメンテーション操作を時刻 t_1 から繰り返し行い、各時間区間での相関次元を求め、定常な時間区間を組み合わせる相関次元計算回路とを備えたことを特徴とする適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元の分析装置。

【請求項7】 時系列データを測定する時系列測定回路と、この時系列測定回路の出力信号をA/D変換するA/D変換回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトルを求めるスペクトル計算回路と、前記時系列データの時刻 t_0 でのスペクトル分布を求めるスペクトル分布記憶回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトル誤差量を求めるスペクトル誤差量計算回路と、その誤差量が設定したしきい値を超えるか否かを判定するしきい値回路と、このしきい値回路の判定がしきい値を越えた場合は、超えた時刻 t_1 までの時間区間 T_1 を全体の時系列から切出す時系列分割処理回路と、その時間区間 T_1 に対してアトラクタを再構成する埋め込み操作回路と、スペクトル分布を計算し、上記のセグメンテーション操作を時刻 t_1 から繰り返し行い、各時間区間でのリアプノフスペクトルを求め、定常な時間区間を組み合わせるリアプノフスペクトル計算回路とを備えたことを特徴とする適応的セグメンテーション

ンを利用した準定常時系列のリアプノフスペクトル分析装置。

【請求項8】 時系列データを測定する時系列測定回路と、この時系列測定回路の出力信号をA/D変換するA/D変換回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t における自己相関関数を求める自己相関関数計算回路と、前記時系列データの時刻 t_0 での自己相関関数分布を求める自己相関関数分布記憶回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t における自己相関関数に基づく相違量を求める相違量計算回路と、その誤差量が設定したしきい値を超えるか否かを判定するしきい値回路と、このしきい値回路の判定がしきい値を越えた場合は、越えた時刻 t_1 までの時間区間 T_1 を全体の時系列から切出す時系列分割処理回路と、その時間区間 T_1 に対してアトラクタを再構成する埋め込み操作回路と、スペクトル分布を計算し、上記のセグメンテーション操作を時刻 t_1 から繰り返し、各時間区間でリアプノフスペクトルを求め、定常な時間区間を組み合わせるリアプノフスペクトル計算回路とを備えたことを特徴とする適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列のリアプノフスペクトルの分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、信号分析に関するものであり、定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからでも、定常時間区間で相関次元およびリアプノフスペクトルを求めることができ、信号の分類、認識、識別に利用できる適応的セグメンテーションを利用*

$X(1)\{x(1), x(1+\tau), x(1+2\tau), \dots, x(1+(d-1)\tau)\}$

$X(2)\{x(2), x(2+\tau), x(2+2\tau), \dots, x(2+(d-1)\tau)\}$

.....

$X(t)\{x(t), x(t+\tau), x(t+2\tau), \dots, x(t+(d-1)\tau)\}$

.....

$X(N)\{x(N), x(N+\tau), x(N+2\tau), \dots, x(N+(d-1)\tau)\}$

これで d 次元の点 $X(t)$ が N 個得られたことになる。

※次式で表される(S33)。

【0008】 再構成されたアトラクタ上の一点を X

【0009】

(i) とすると、相関次元を計算するための相関積分は※40

【数2】

$$C^d(r) = \lim_{N \rightarrow \infty} (1/N^2) \sum_{i, j=1}^N I(r - |X(i) - X(j)|) \quad (i \neq j)$$

ここで、 $I(t) = 1 (t \geq 0)$, $0 (t < 0)$ で表されるヘビサイドの関数である。この相関積分が r の適当な領域で次のようにスケールリングされる。

【0010】

【数3】

$$C^d(r) \propto r^{-\nu(d)}$$

*用した準定常時系列の相関次元分析方法および装置並びにリアプノフスペクトルの分析方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 非線形力学系による時系列解析は、まず、観測から得られた時系列データがその時系列変数と隠れた変数からなる方程式(微分方程式)から得られていると仮定して相関次元やリアプノフ指数などの非線形系を特徴づける量を計算する。

10 【0003】 相関次元は、上記の方程式が何次元の方程式で記述できるかを調べる解析を行う際に計算される次元で、例えば、相関次元が4.5次元であれば、5次元の方程式(変数が5個)で記述できる。

【0004】 図11に従来の相関次元分析方法のフローチャートを示す。なお、図中の(S31)～(S36)は各ステップを示す。

【0005】 従来の相関次元分析方法は、時系列データが自律系方程式により発生していると仮定し、定常な時間区間において計算されていた。

20 【0006】 まず、時系列データ $x(t)$ が d 次元の力学系に従うと仮定し(S31)、それ自体公知である埋め込み操作によりアトラクタを再構成する(S32)。時系列データ $x(t)$ から d 次元の再構成状態空間へ総数 N のデータの集合を以下のように作成する。時間遅れを τ とするとデータの集合は、

【0007】

【数1】

この式の両辺の対数をとると、

【0011】

【数4】

$$\log C^d(r) \propto \nu(d) \log r$$

となる。横軸に $\log r$ 、縦軸に $\log C^d(r)$ をとり、グラフを描くことにより、相関指数 $\nu(d)$ がこのグラフ

5

の傾きとして求められる (S34)。

【0012】一般に、時系列の元のアトラクタの次元は未知であるため、埋め込み次元 d も未知である。

【0013】そこで、埋め込み次元 d の値を上げながら相関指数 $v(d)$ を計算する (S35, S37)。元のアトラクタの次元よりも再構成アトラクタの次元が小さければ、 $v(d)$ は d にほぼ等しく、 d が大きくなるにつれ、 $v(d)$ は飽和し、相関次元 D_c に漸近して行く (S36)。

【0014】図12に従来のリアプノフスペクトル分析方法のフローチャートを示す。なお、図中の (S41) ~ (S46) は各ステップを示す。

【0015】従来のリアプノフスペクトル計算方法は、時系列データが自律系方程式により発生していると仮定して計算されていた。

【0016】まず、時系列データ $x(t)$ が d 次元の力学系に従うと仮定し (S41)、埋め込み操作によりアトラクタを再構成する (S42)。この操作は、上記の相関次元分析方法における埋め込み操作による状態空間でのアトラクタ再構成と同じである。

【0017】リアプノフ指数は、観測から得られた時系列の方程式が状態空間での軌道にどの程度の不安定性があるか、つまりアトラクタの軌道不安定性、又は、発散の度合を示す量である。さて、これが正ならば不安定、負ならば安定であり、通常の系の一般の力学系を次元数分のリアプノフ指数が存在し、リアプノフスペクトラムはその総称である。ちなみに、カオスはストレンジアトラクタと呼ばれ、不安定な軌道の集合である。だから、リアプノフスペクトラムの中の最大リアプノフ指数は必ず正の値となる。また、系が微分方程式で記述できる場合、カオスは相関次元が3以上となる。

【0018】

【数5】

$$X(t+1) = F(X(t))$$

とする。 $X(t)$ の微小な変化を $\delta X(t)$ とすると、

【0019】

【数6】

$$X(t+1) + \delta X(t+1) = F(X(t) + \delta X(t))$$

より左辺をテーラー展開して、

【0020】

【数7】

$$\delta X(t+1) = DF(X(t)) \delta X(t)$$

となる。ここで

【0021】

【数8】

$$DF(X(t)) = \partial F / \partial X$$

は F の t におけるヤコビアン行列である。この $DF(X(t))$ を埋め込み操作で得られた d 次元の点 N 個から推定する。

【0022】図13に示すように、軌道上のある点 X

6

(t) を選び、その点を中心とする半径 ε の超球内に入る同じく軌道上の点 $X(k(i))$, ($i=1, 2, \dots, M$) を M 個選出する。すると $X(t)$ から見た半径 ε の超球内の各点の変位ベクトルは

【0023】

【数9】

$$y(i) = X(k(i)) - X(t)$$

となる。 m だけ時間が経過したとき、 $X(t)$ は $X(t+m)$ に、 $X(k(i))$ は $X(k(i)+m)$ となる。よって時刻 $t+m$ での変位ベクトル $z(i)$ は

【0024】

【数10】

$$z(i) = X(k(i)+m) - X(t+m)$$

となる。 ε を小さい値にとれば、線形で近似して

【0025】

【数11】

$$z(i) = A_t y(i)$$

となる (S43)。この A_t は $DF(X(t))$ と近似的に等しくなり、 A_t を求める方法を考える。ここで最小2乗法により平均距離 S を最小にするように A_t を求める (S44)。

【0026】

【数12】

$$S = (1/M) \sum (z(i) - A_t y(i))^2$$

A_t の ($k, 1$) 成分を $a(k, 1)$ とすると

【0027】

【数13】

$$\partial S / \partial a(k, 1) = 0$$

より

【0028】

【数14】

$A_t V = C$

$V(k, 1) = (1/M) \sum y(i, k) y(i, 1)$

$C(k, 1) = (1/M) \sum y(i, k) y(i, 1)$

但し、 $y(i, k)$, $z(i, k)$ は、各々ベクトル $y(i)$, $z(i)$ の第 k 成分を表す。 $M \geq n$ で縮退がなければ A_t を一意に決めることが出来る。

40 【0029】リアプノフ指数の全ての次元スペクトラムを求めるには、 $\delta X(t)$ を d 次元の直交基底ベクトル $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_i(t)$, ..., $u_d(t)$ として、その変化を見る。まず、

【0030】

【数15】

$$e_i(t+1) = A_t u_i(t)$$

により $e_i(t+1)$ を求め、その後グラムシュミット法により新しい直交基底ベクトルを構成する (S45)。

【0031】

【数16】

$$e_i(t+1)^* = e_i(t+1) - \sum \langle e_i(t+1), u_i(t+1) \rangle u_i(t+1)$$

$$u_i(t+1) = e_i(t+1)^* / |e_i(t+1)^*|$$

$\langle \rangle$ は内積である。この $u_i(t+1)$ を直交基底ベクトルとして上記の変換を繰り返す。このとき、リアプノフスペクトル λ_i ($i=1, 2, \dots, d$)は

【0032】

【数17】

$$\lambda_i = \lim (1/N) \sum \log |e_i(t+1)^*|$$

として求められる (S46)。

【0033】

【発明が解決しようとする課題】上記の相関次元分析方法やリアプノフスペクトル分析方法は自律系方程式から得られる定常な時系列に対する解析手段である。そのため、定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからでは相関次元およびリアプノフスペクトルを計算することができない。

【0034】本各発明は、上記従来の技術で述べた定常な時系列に対する相関次元分析方法およびリアプノフスペクトル分析方法を定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからでも求めることができるように拡張することを目的とするものである。

【0035】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明の適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元分析方法およびリアプノフスペクトル分析方法は、時系列データの最初の時刻とのスペクトル誤差量または最初の時刻の自己相関関数との相違量に基づいて、あるしきい値以上のスペクトル誤差量または自己相関関数の相違量が次の時刻の時系列データから検出されたとき、それまでの時刻を定常な時間区間として適応的にセグメンテーションし、その時間区間に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し、相関次元およびリアプノフスペクトルを計算し、上記のセグメンテーション操作を繰り返し行い、その時間区間での相関次元およびリアプノフスペクトルを求めるものである。

【0036】また、本発明の適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元分析装置およびリアプノフスペクトル分析装置は、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトルを計算するスペクトル計算回路または自己相関関数を計算する自己相関関数計算回路と、時系列データの時刻 t_0 でのスペクトル分布を記憶するスペクトル分布記憶回路または時系列データの時刻 t_0 での自己相関関数分布を記憶する自己相関関数分布記憶回路と、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトル誤差量を計算するスペクトル誤差量計算回路または時系列データの時刻 t_0 と時刻 t における自己相関関数に基づく相違量を計算する相違量計算回路と、その誤差量または相違量が設定したしきい値を超えるか否かを判定するしきい値回路と、誤差量がしきい値を超

えた場合は時系列分割処理回路により、時刻 t_1 までの時間区間 T_1 を全体の時系列から切出す時系列分割処理回路を用いる。

【0037】

【作用】本発明にかかる相関次元分析方法および装置並びにリアプノフスペクトル分析方法および装置では、定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからでも相関次元およびリアプノフスペクトルを求めることができる。

【0038】

【実施例】本発明の一実施例を以下に述べる。

【0039】図1に本発明の相関次元分析方法の一実施例のフローチャートを示す。なお、図中の(S1)～(S9)は各ステップを示す。

【0040】まず、時系列データ $x(t)$ に対して(S1)、時刻 t_0 におけるスペクトル $P_{t_0}(f)$ 、時刻 t におけるスペクトル $P_t(f)$ を計算する(S2)。両者の相違の測度として以下のスペクトル誤差量(SEM)を用いる(S3)。

【0041】

【数18】

$$SEM = \int_{-\infty}^{\infty} (1 - P_t(f)/P_{t_0}(f)) df$$

上記のスペクトル誤差量(SEM)に基づいて、時刻 t_0 におけるスペクトルと比較して、あるしきい値以上のスペクトル誤差量が時刻 t における時系列データから検出されたとき(S4)、図5に示すように、それまでの時刻を t_1 として定常な時間区間 $T_1 (= t_1 - t_0)$ として適応的にセグメンテーションする(S5)。その後、その時間区間 T_1 に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し(S6)、相関次元を計算する。この方法は従来の手法と同じ操作時系列をデータに関して行う。これにより、定常区間 T_1 における相関次元が求められたことになる(S7)～(S9)。次に、セグメンテーションを行った時刻 t_1 と次の時刻 t におけるスペクトルを比較して上記のセグメンテーション操作を繰り返し行い、同様に相関次元およびリアプノフスペクトルを求める。これらの操作を繰り返して定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データから相関次元およびリアプノフスペクトルを計算する。

【0042】また、セグメンテーションの測度として時間的に対称性を持つ自己相関関数に基づく方法を用いることができる。二つの参照区間と試験区間の自己相関関数の相違の度合DIFFを自己相関関数の振幅の相違の度合ADIFFと周波数分布の相違の度合FDIFFの線形和で定義する。

【0043】

【数19】

$$DIFF = ADIFF / (ATHR + FDIFF / FTHR)$$

ATHR, FTHRは各々振幅、周波数の相違の度合に対するしきい値である。各項が正規化されているため、セグメンテーションはDIFFが1を超えたときに実行される。

【0044】ADIFFは図6(a)のように二つの参照区間と試験区間の自己相関関数のタイムラグ0の値 P_a , P_b で

【0045】

【数20】

$$ADIFF = |\sqrt{P_a} - \sqrt{P_b}| / \min(\sqrt{P_a}, \sqrt{P_b})$$

と定義される。

【0046】FDIFFは図6(b)のように正規化された二つの参照区間と試験区間の自己相関関数の最初の正値部分を考え、図6(b)の領域B, Cの面積により

【0047】

【数21】

$$FDIFF = B / C$$

と定義される。

【0048】図2は、本発明の相関次元分析方法の他の実施例のフローチャートを示す。図1との相違は、ステップ(S2')と(S3')にある。すなわち、図1に示す実施例では、ステップ(S2), (S3)ではスペクトルやスペクトル誤差量を計算しているか、図の実施例では、自己相関や相違量を計算している点で相違している。しかし、超えた時刻 t_1 までの時間区間 T_1 を全体の時系列から切り出すかどうかの判定を行う点で、その動作原理は同じである。

【0049】図3は、本発明のリアプノフスペクトル分析方法の一実施例のフローチャートを示す。なお、図中の(S11)~(S20)は各ステップを示す。ステップ(S11)~(S16)は、図1の実施例のステップ(S1)~(S6)に対応し、ステップ(S17)~(S20)は図12のステップ(S43)~(S46)に対応しているため、その動作の説明は省略する。

【0050】図4は、本発明のリアプノフスペクトル分析方法の他の実施例のフローチャートを示す。図3との相違は、ステップ(S12'), (S13')にあり、この点は図1と図2の相違点で説明したのと全く同じである。

【0051】図7は発明の相関次元分析装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【0052】この図においては、1は時系列測定回路で、時系列データを測定する回路である。2はA/D変換回路で、測定された時系列データをA/D変換する回路である。

【0053】3Aはスペクトル計算回路で、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトルを計算する回

路である。4Aはスペクトル分布記憶回路で、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトル分布を記憶する回路である。5Aはスペクトル誤差量計算回路で、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t におけるスペクトル誤差量を計算する回路である。6はしきい値回路で、その誤差量が設定したしきい値を超えるかを否かを判定する回路である。7は時系列分割処理回路で、しきい値を超えた場合、超えた時刻 t_1 までの時間区間 T_1 を全体の時系列から切出す回路である。8は埋め込み操作回路で、切出された時間区間 T_1 を用いてアトラクタを再構成する回路である。9は相関次元計算回路で、その時間区間 T_1 の再構成状態空間ベクトルより相関次元を計算する回路である。

【0054】その動作は、図1のフローチャートで説明した通りであるから、その詳細は省略する。

【0055】図8は、本発明の相関次元分析装置の他の実施例の構成を示すブロック図である。この図において、3Bは自己相関関数計算回路で、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t における自己相関関数を計算する回路である。4Bは自己相関関数分布記憶回路で、時系列データの時刻 t_0 での自己相関関数分布を記憶する回路である。5Bは相違量計算回路で、時系列データの時刻 t_0 と時刻 t における自己相関関数に基づく相違量を計算する回路である。その他は図7の実施例と同じである。

【0056】なお、しきい値回路6は、その相違量が設定したしきい値を超えるかを否かを判定する回路である。

【0057】その動作は、図2のフローチャートで説明した通りであるから、その詳細は省略する。

【0058】図9は、本発明のリアプノフスペクトル分析装置の一実施例の構成を示すブロック図である。図中、10はリアプノフスペクトル計算回路で、その時間区間 T_1 の再構成状態空間ベクトルよりリアプノフスペクトルを計算する回路であり、その他は図7と同じである。

【0059】その動作は、図3のフローチャートで説明した通りであるから、その詳細は省略する。

【0060】図10は、本発明のリアプノフスペクトル分析装置の他の実施例の構成を示すブロック図である。図中、3B, 4B, 5Bは図8に示されるものと同じであり、その他は図9と同じである。

【0061】その動作は、図4のフローチャートで説明した通りであるから、その詳細は省略する。

【0062】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の適応的セグメンテーションを利用した準定常時系列の相関次元分析方法および装置並びにリアプノフスペクトル分析方法および装置は、時系列データの最初の時刻とのスペクトル誤差量または最初の時刻の自己相関関数との相違量に基づいて、あるしきい値以上のスペクトル誤差

11

量または自己相関関数の相違量が時系列データから検出されたとき、それまでの時刻を定常な時間区間として適応的にセグメンテーションし、その時間区間に対して埋め込みの方法によりアトラクタを再構成し、相関次元あるいはリアプノフスペクトルを計算し、上記のセグメンテーション操作を繰り返し行い、その時間区間での相関次元あるいはリアプノフスペクトルを求め、定常な時間区間の組み合わせからなる準定常時系列データからの相関次元あるいはリアプノフスペクトルを求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の相関次元分析方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図2】本発明の相関次元分析方法の他の実施例を示すフローチャートである。

【図3】本発明のリアプノフスペクトル分析方法の一実施例を示すフローチャートである。

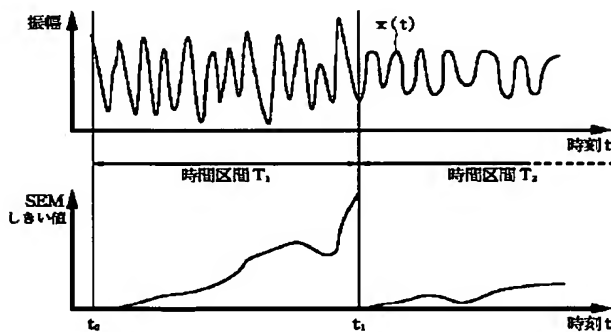
【図4】本発明のリアプノフスペクトル分析方法の他の実施例を示すフローチャートである。

【図5】本発明によるスペクトル誤差量に基づく適応的セグメンテーションの説明図である。

【図6】参照区間と試験区間の自己相関関数と、参照区間と試験区間の正規化された自己相関関数を示す図である。

【図7】本発明の相関次元分析装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図5】



12

【図8】本発明の相関次元分析装置の他の実施例の構成を示すブロック図である。

【図9】本発明のリアプノフスペクトル分析装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図10】本発明のリアプノフスペクトル分析装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図11】従来の相関次元分析方法を説明するためのフローチャートである。

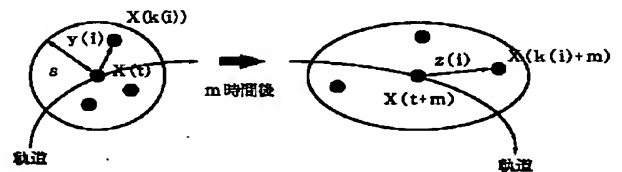
【図12】従来のリアプノフスペクトル分析方法を説明するためのフローチャートである。

【図13】変位ベクトル $y(i)$ と $z(i)$ の関係 $z(i) = A t y(i)$ である。

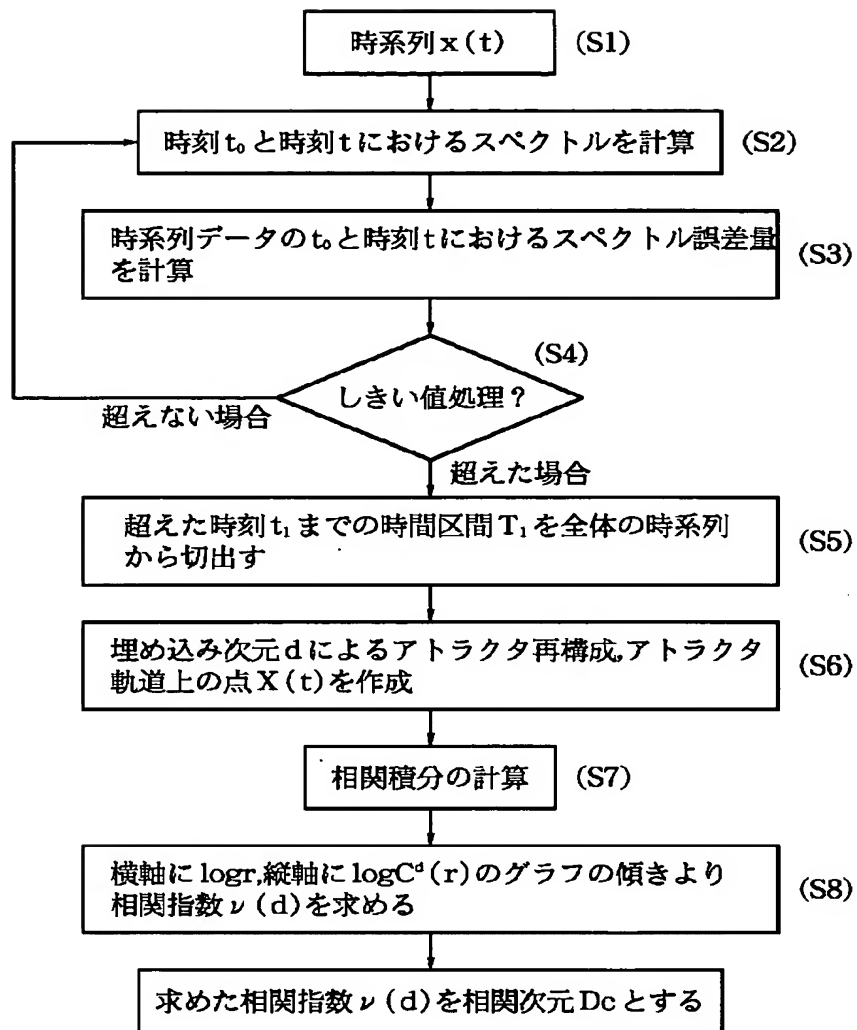
【符号の説明】

- 1 時系列測定回路
- 2 A/D変換回路
- 3 A スペクトル計算回路
- 3 B 自己相関関数計算回路
- 4 A スペクトル分布記憶回路
- 4 B 自己相関関数分布記憶回路
- 5 A スペクトル誤差量計算回路
- 5 B 相違量計算回路
- 6 しきい値回路
- 7 時系列分割処理回路
- 8 埋め込み操作回路
- 9 相関次元計算回路
- 10 リアプノフスペクトル計算回路

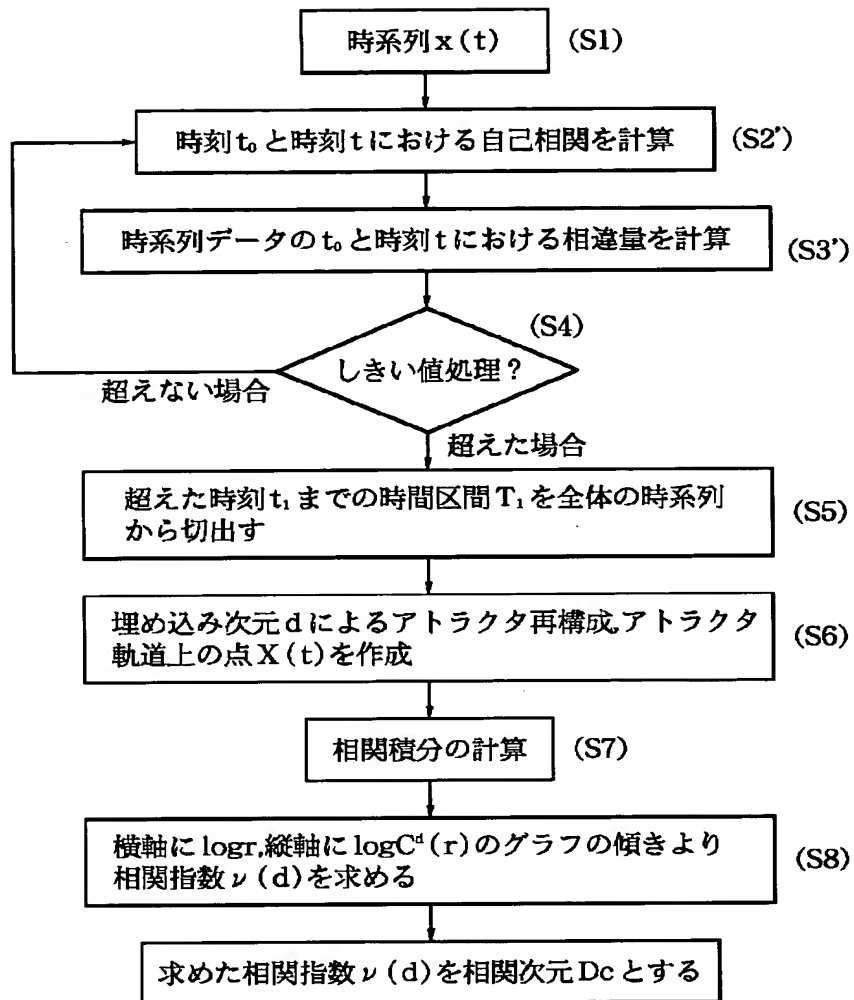
【図13】



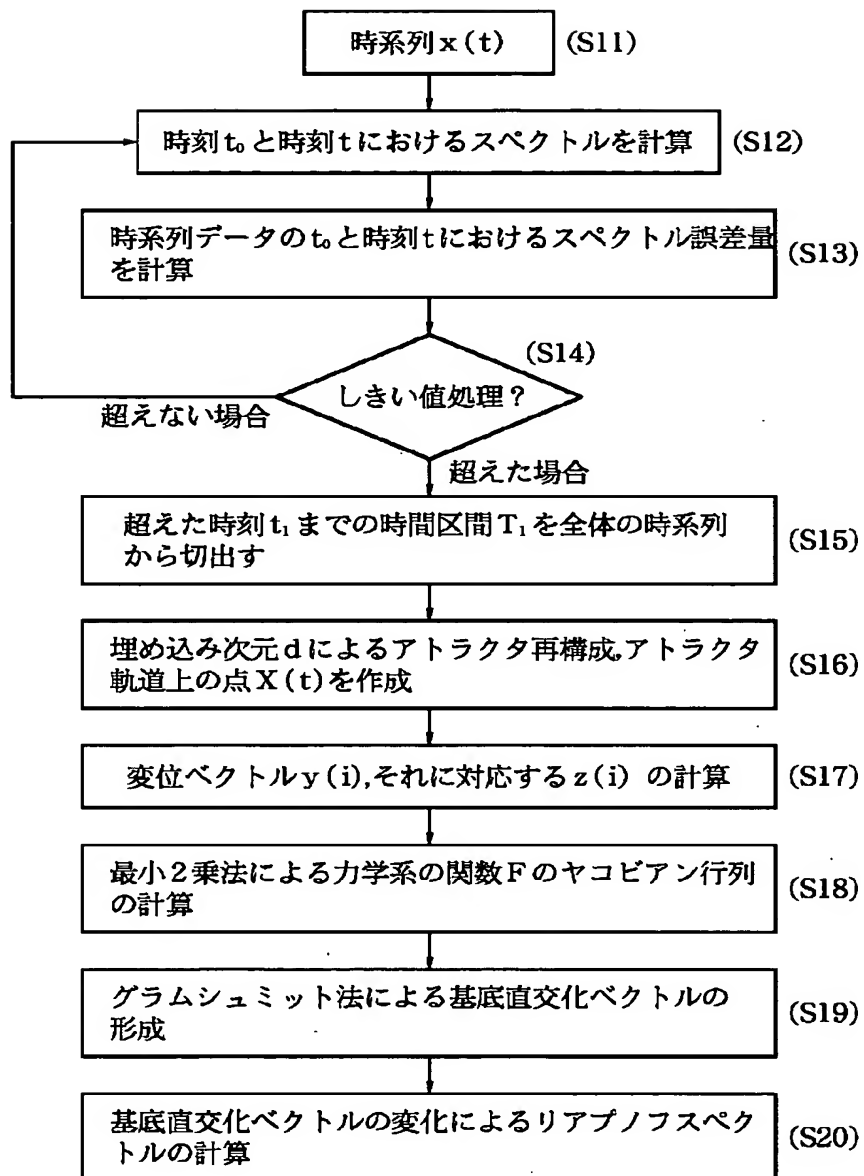
【図1】



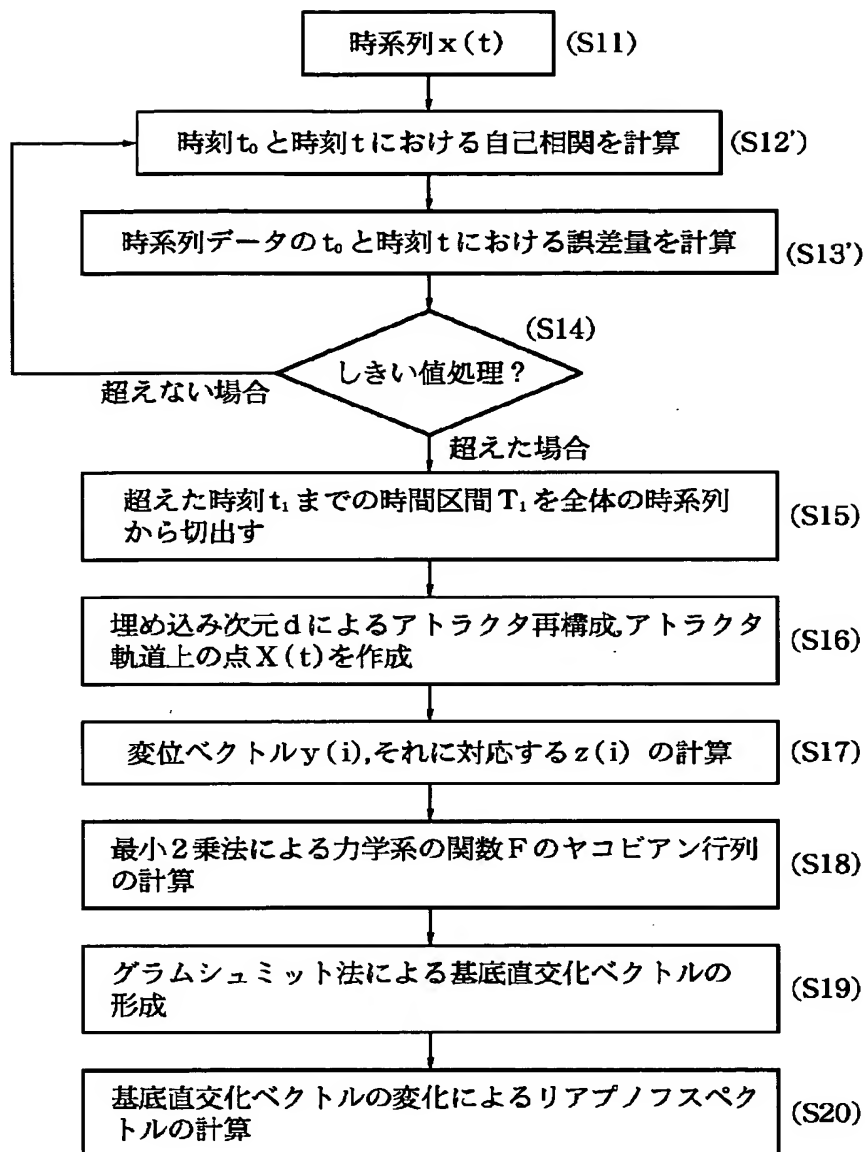
【図 2】



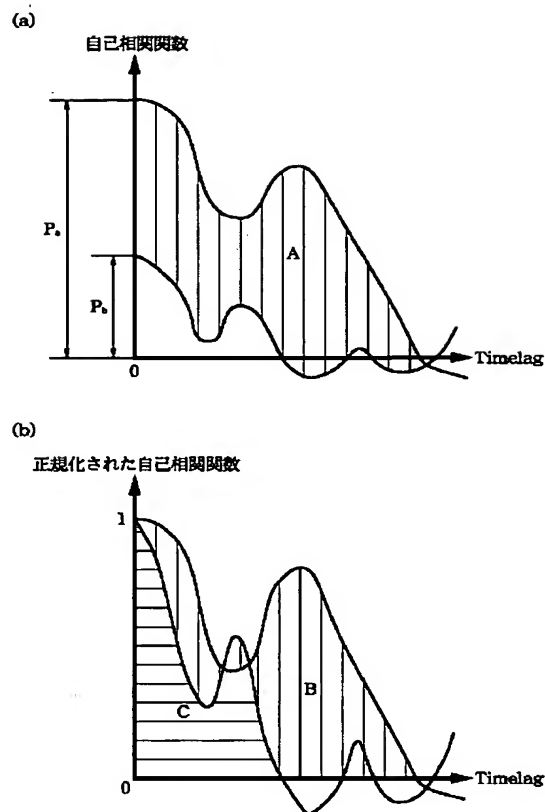
【図3】



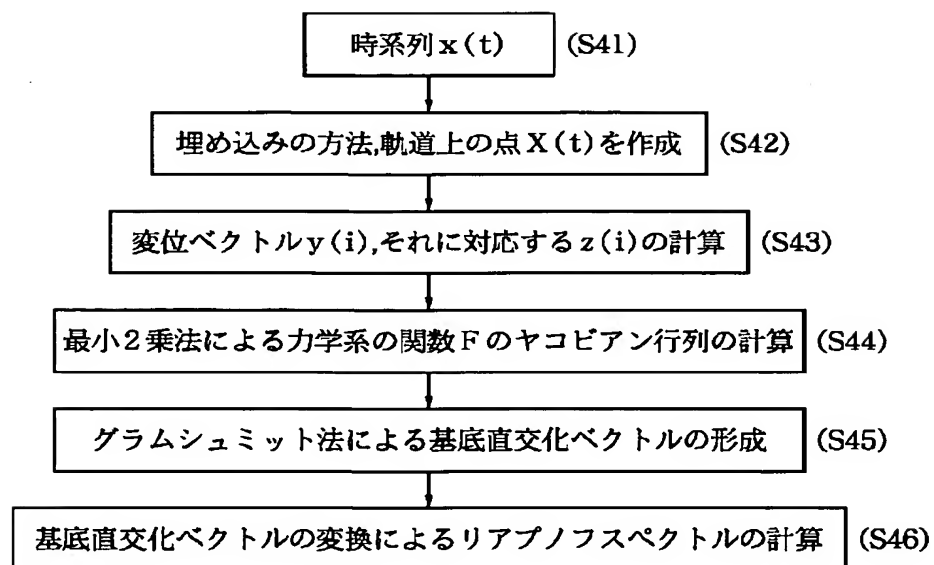
【図4】



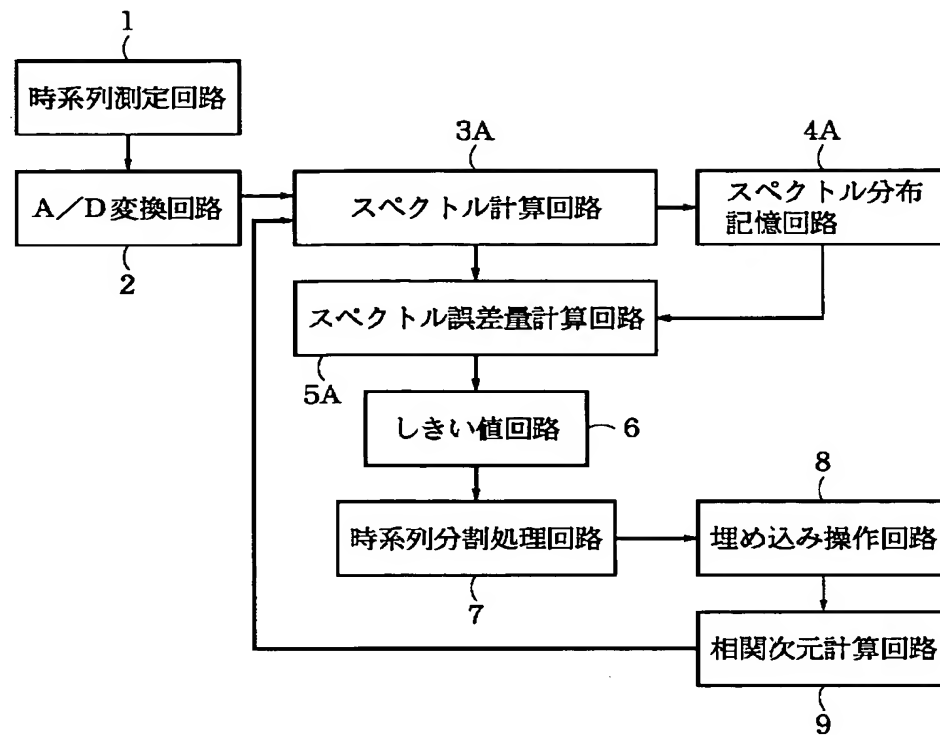
【図 6】



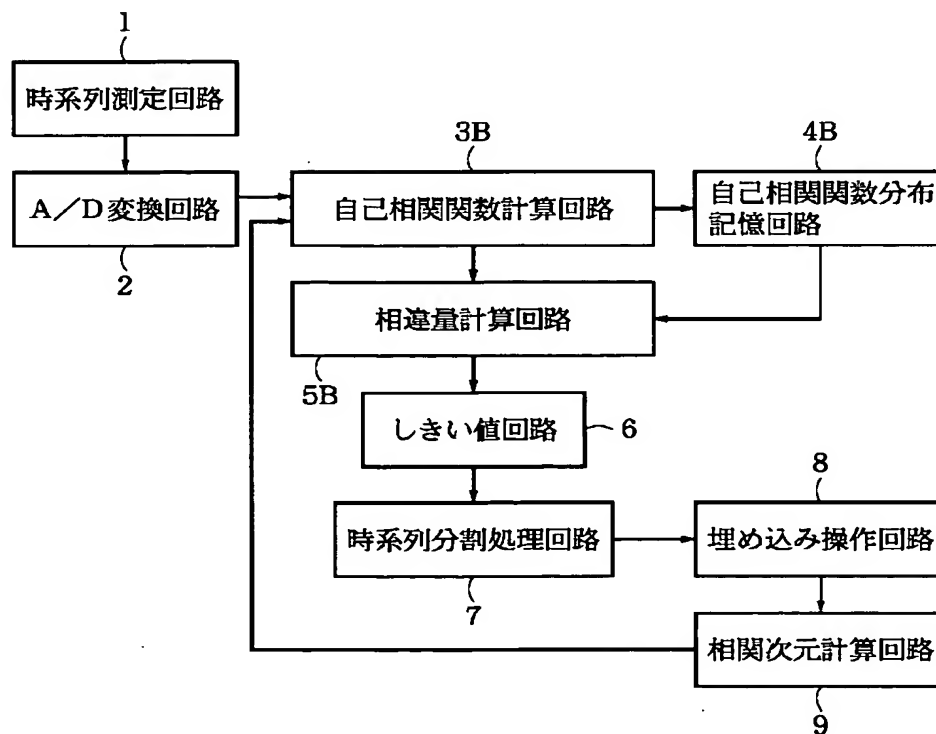
【図 12】



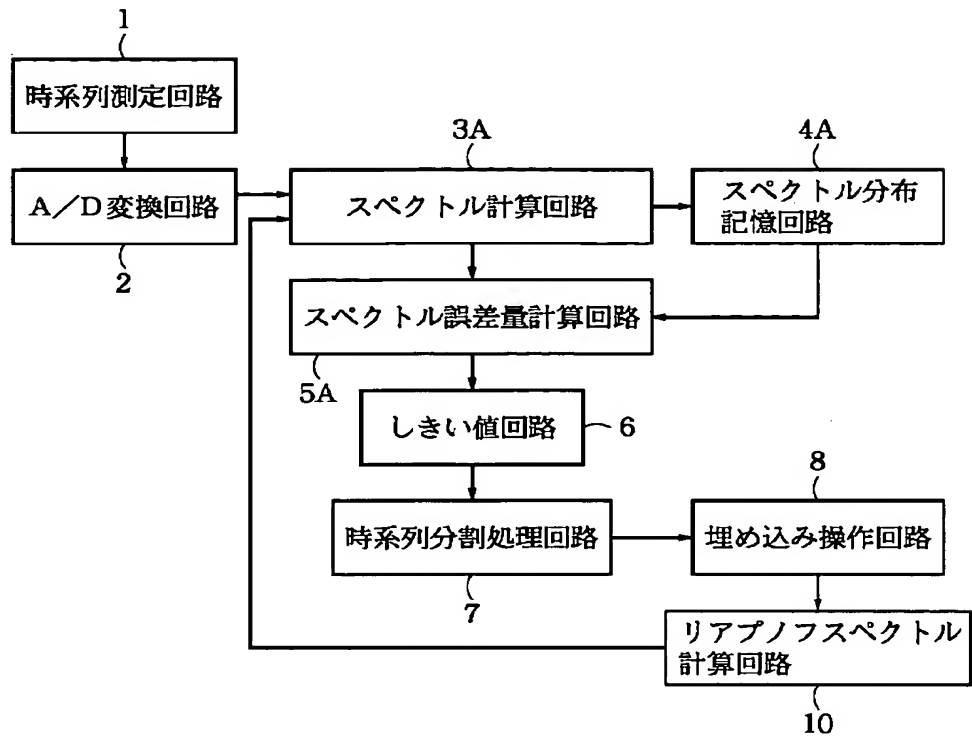
【図 7】



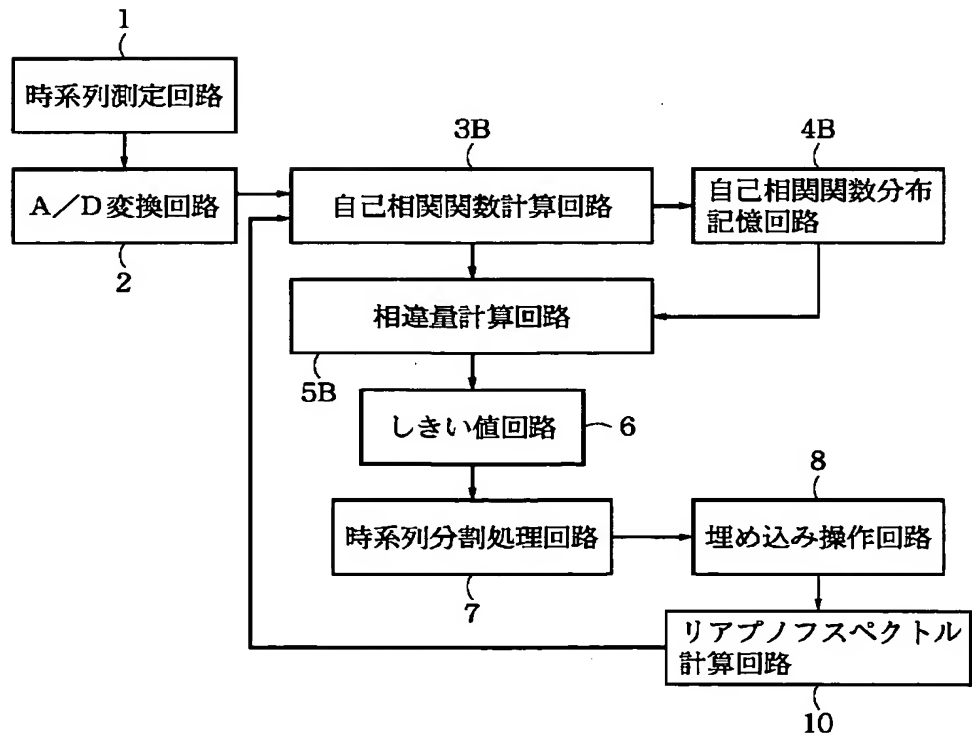
【図 8】



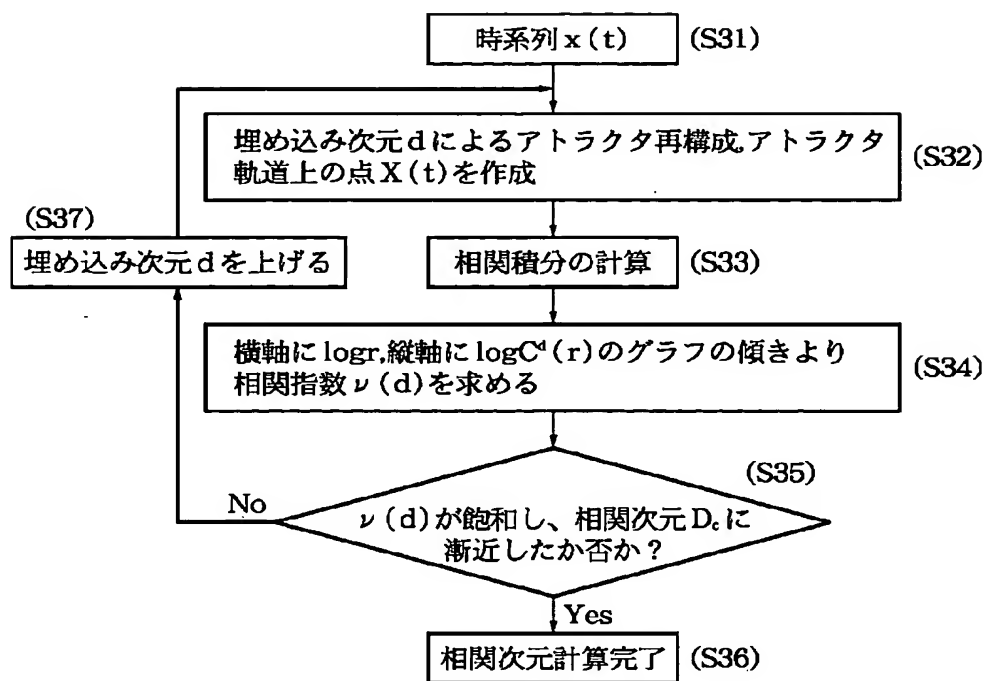
【図9】



【図10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 平岩 明
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 曾根原 登
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内
(72)発明者 堀口 真寿
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内